

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 09145605 A

(43) Date of publication of application: 06.06.97

(51) Int. Cl

G01N 21/21
G01J 4/04
G01N 33/493
G01N 33/66
G01N 33/68

(21) Application number: 07310758

(22) Date of filing: 29.11.95

(71) Applicant:

MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

(72) Inventor:

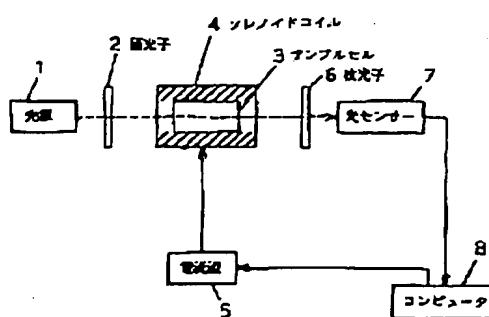
KAWAMURA TATSURO
ONISHI HIROSHI
SONODA NOBUO

(54) ANGLE OF ROTATION MEASUREMENT
METHOD, POLARIMETER, METHOD AND DEVICE
FOR URINE ANALYSIS

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an urine analysis device with high reliability, miniaturized, and of low cost, by making to-be-analyzed sample transmit the polarized light, applying a magnetic field to the to-be-analyzed sample, and measuring angle of rotation based on change of polarization direction of the generated light.

SOLUTION: A light source 1 projects almost parallel lights made by a 180-watt low pressure medium lamp, a band pass filter, lens, and slit, etc. A polarizer 2 transmits only the light of the polarization component parallel to space. A solenoid coil 4 wound around a sample cell 3 applies a magnetic field to the sample cell 3 and to-be-analyzed sample held in it. When current 1A is made to flow to the solenoid coil 4, the magnetic field $H=5 \times 10^3$ A/m is applied. With a current source 5, the current up to ± 5 A can be made to flow to the solenoid coil 4. And, an analyzer 6 is so assigned as to transmit only the light of polarization component vertical to the space. A photo sensor 7 detects the light that the analyzer 6 transmits, and a computer 8 sends command signal to the current source 5, and further records the output signal of the photo sensor 7 for analyzing.



COPYRIGHT: (C)1997,JPO

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-145605

(43)公開日 平成9年(1997)6月6日

(51)Int.Cl.^{*} 請別記号 庁内整理番号
G 0 1 N 21/21
G 0 1 J 4/04
G 0 1 N 33/493
33/66
33/68

F I
G 0 1 N 21/21
G 0 1 J 4/04
G 0 1 N 33/493
33/66
33/68

技術表示箇所
A
D
B
A

審査請求 未請求 請求項の数14 OL (全14頁)

(21)出願番号 特願平7-310759

(22)出願日 平成7年(1995)11月29日

(71)出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72)発明者 河村 遼朗

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72)発明者 大西 宏

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72)発明者 園田 信雄

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

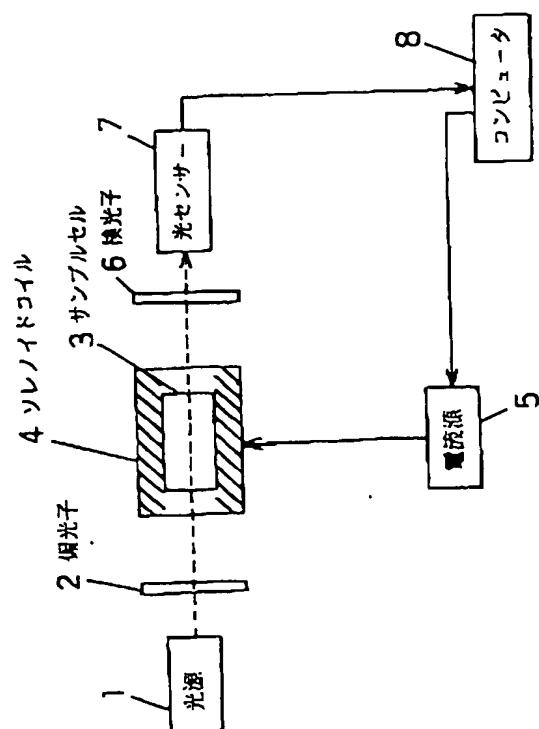
(74)代理人 井理士 松田 正道

(54)【発明の名称】 旋光度測定方法、旋光計、尿検査方法及び尿検査装置

(57)【要約】

【課題】簡単で高信頼性の旋光計と試験紙等の消耗品を使用することなく維持管理が容易な尿検査装置を安価に実現する事を目的とする。

【解決手段】被検試料3に偏光した光を透過させるとともに、その被検試料3に磁場を印加し、その結果生じる光の偏光方向の変化に基づき、前記被検試料3の旋光度を測定する旋光度測定方法である。被検試料としては尿等が可能である。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】被検試料に偏光した光を透過させるとともに、その被検試料に磁場を印加し、その結果生じる光の偏光方向の変化に基づき、前記被検試料の旋光度を測定することを特徴とする旋光度測定方法。

【請求項2】光を投射する単色光源と、前記投射された光のうち特定方向の偏光成分のみを透過する偏光子と、被検試料を前記偏光子を透過した光が透過するように保持するサンプルセルと、前記被検試料に磁場を印加する手段と、前記磁場を掃引する磁場掃引手段と、前記被検試料を透過した光のうち特定方向の偏光成分のみを透過する検光子と、前記検光子を透過した光を検知する光センサーと、前記磁場掃引手段の磁場掃引信号と前記光センサーの出力信号に基づいて、前記被検試料の旋光度を算出する手段とを備えたことを特徴とする旋光計。

【請求項3】前記磁場を掃引する際に、前記磁場を離散的に変化させた少なくとも2点での前記光センサーの出力信号から、前記被検試料の旋光度を算出することを特徴とする請求項2に記載の旋光計。

【請求項4】光を投射する単色光源と、前記投射された光のうち特定方向の偏光成分のみを透過する偏光子と、被検試料を前記偏光子を透過した光が透過するように保持するサンプルセルと、前記被検試料に磁場を印加する手段と、前記磁場を掃引する磁場掃引手段と、前記磁場を掃引する際に前記磁場を振動変調する磁場変調手段と、前記被検試料を透過した光のうち特定方向の偏光成分のみを透過する検光子と、前記検光子を透過した光を検知する光センサーと、前記光センサーの出力信号を前記磁場変調手段の振動変調信号を参照信号として位相敏感検波するロックインアンプと、前記磁場掃引手段の磁場掃引信号と前記ロックインアンプの出力信号に基づいて、前記被検試料の旋光度を算出する手段とを備えたことを特徴とする旋光計。

【請求項5】光を投射する単色光源と、前記投射された光のうち特定方向の偏光成分のみを透過する偏光子と、被検試料を前記偏光子を透過した光が透過するように保持するサンプルセルと、前記被検試料に磁場を印加する手段と、前記磁場を振動変調する磁場変調手段と、前記被検試料を透過した光のうち特定方向の偏光成分のみを透過する検光子と、前記検光子を回転する検光子回転手段と、前記検光子を透過した光を検知する光センサーと、前記光センサーの出力信号を前記磁場変調手段の振動変調信号を参照信号として位相敏感検波するロックインアンプと、前記検光子回転手段の回転信号と前記ロックインアンプの出力信号に基づいて、前記被検試料の旋光度を算出する手段とを備えたことを特徴とする旋光計。

【請求項6】光を投射する単色光源と、前記投射された光のうち特定方向の偏光成分のみを透過する偏光子と、前記偏光子を透過した光の偏光方向を振動変調する偏光

2

変調手段と、被検試料を前記偏光子を透過した光が透過するように保持するサンプルセルと、前記被検試料に磁場を印加する手段と、前記磁場を掃引する磁場掃引手段と、前記被検試料を透過した光のうち特定方向の偏光成分のみを透過する検光子と、前記検光子を透過した光を検知する光センサーと、前記光センサーの出力信号を前記偏光変調手段の振動変調信号を参照信号として位相敏感検波するロックインアンプと、前記磁場掃引手段の磁場掃引信号と前記ロックインアンプの出力信号に基づいて前記被検試料の旋光度を算出する手段とを備えたことを特徴とする旋光計。

【請求項7】前記磁場を掃引する際に、前記磁場を離散的に変化させた少なくとも2点での前記ロックインアンプの出力信号から、前記被検試料の旋光度を算出することを特徴とする請求項4、又は6に記載の旋光計。

【請求項8】前記検光子を回転する際に、前記検光子を離散的に回転させた少なくとも2点での前記ロックインアンプの出力信号から、前記被検試料の旋光度を算出することを特徴とする請求項5に記載の旋光計。

【請求項9】光を投射する単色光源と、前記投射された光のうち特定方向の偏光成分のみを透過する偏光子と、被検試料を前記偏光子を透過した光が透過するように保持するサンプルセルと、前記被検試料に磁場を印加する手段と、前記磁場を振動変調する磁場変調手段と、前記被検試料を透過した光のうち特定方向の偏光成分のみを透過する検光子と、前記検光子を透過した光を検知する光センサーと、前記光センサーの出力信号を前記磁場変調手段の振動変調信号を参照信号として位相敏感検波するロックインアンプ1と、前記光センサーの出力信号を前記磁場変調手段の振動変調信号の2倍の周波数の信号を参照信号として位相敏感検波するロックインアンプ2と、前記ロックインアンプ1の出力信号を前記ロックインアンプ2の出力信号で規格化することによって前記被検試料の旋光度を算出する手段とを備えことを特徴とする旋光計。

【請求項10】尿に偏光した光を透過させるとともに、その被検試料に磁場を印加し、その結果生じる光の偏光方向の変化に基づき、前記被検試料の旋光度を測定することによって、前記尿の検査を行なうことを特徴とする尿検査方法。

【請求項11】光を投射する単色光源と、前記投射された光のうち特定方向の偏光成分のみを透過する偏光子と、尿を前記偏光子を透過した光が透過するように保持するサンプルセルと、前記尿に磁場を印加する手段と、前記磁場を掃引する磁場掃引手段と、前記磁場を掃引する際に前記磁場を振動変調する磁場変調手段と、前記尿を透過した光のうち特定方向の偏光成分のみを透過する検光子と、前記検光子を透過した光を検知する光センサーと、前記光センサーの出力信号を前記磁場変調手段の振動変調信号を参照信号として位相敏感検波するロック

50

インアンプと、前記磁場掃引手段の磁場掃引信号と前記ロックインアンプの出力信号に基づいて、前記尿の旋光度を算出し、これを旋光性物質の濃度に換算する手段とを備えたことを特徴とする尿検査装置。

【請求項12】前記磁場を掃引する際に、前記磁場を離散的に変化させた少なくとも2点での前記ロックインアンプの出力信号から、前記尿の旋光度を算出することを特徴とする請求項11に記載の尿検査装置。

【請求項13】旋光度を測定する際に、被検試料と、旋光度が既知の参照試料を測定し、参照試料の測定値で、被検試料の測定値を補正することによって被検試料の旋光度を決定することを特徴とする請求項2~9のいずれかに記載の旋光計。

【請求項14】尿を検査する際に、尿と、旋光度が既知の参照試料を測定し、参照試料の測定値で、尿の測定値を補正することによって尿の旋光度を決定して尿を検査する特徴とする請求項11又は12に記載の尿検査装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、溶液における、溶質の同定、純度検定、濃度決定等に使用可能な旋光計と尿検査装置に関するものである。例えば、果糖、ショ糖、グルコース等の水溶液濃度を検知する旋光検知型糖*

$$I = T \times I_0 \times (\cos \theta)^2$$

ここで、

T : 被検試料の透過率

I₀ : 被検試料への入射光強度

なお、サンプルセル、検光子の透過、参照損失は無視している。

【0006】θの変化即ち検光子126の回転に伴い、π/2ごとにIが最小になる消光点が現れる。

【0007】次に被検試料が旋光性を示しその旋光度=αの場合、図13の点線で示され、(式2)の様になる。

【0008】

【数2】

$$I = T \times I_0 \times (\cos(\theta - \alpha))^2 \quad (式2)$$

これからわかる様に、旋光性を示さない被検試料に比べて、消光点がずれる。この様に、消光点の位置のずれをコンピュータ127によって見いただすことによって、旋光度を測定することができる。

【0009】この例の場合、変調成分が存在しないため、光センサー126の出力信号のS/Nがあまり良くなく、消光点の位置を正確には、把握しにくい。従つ *

$$I = T \times I_0 \times (\cos(\theta - \alpha + \delta \times \sin(\omega \times t)))^2 \quad (式3)$$

ここで、

t : 時間

図15においては、消光点付近即ちθ≈π/2なので、このθを次の(式4)の様に表現できる。

*度計として実現可能である。又、特に尿中のグルコース、蛋白質等の旋光性物質の濃度を検査する尿検査装置として利用する場合、その高信頼性、小型、低価格等の特徴から实用性が高く、また、試験紙等の消耗品が不要なため、広く普及が期待される。

【0002】

【従来の技術】従来の旋光計の1例を図12に示す。

【0003】図12において、121は、ナトリウムランプ、バンドパスフィルター、レンズ、スリット等によって構成された略平行光を投射する光源で、波長589nmのナトリウムのD線を投射する。122は偏光子、123は被検試料を保持するサンプルセル、124は検光子、125は検光子124を回転する検光子ローター、126は光センサー、127は検光子ローター125を制御しつつ光センサー126の信号を記録解析するコンピュータである。

【0004】この従来例の原理を図13を用いて以下に説明する。図13において、横軸は偏光子122と検光子126の光軸の相対角度θ、縦軸は光センサー126に到達する光の強度I即ち光センサー126の出力信号である。実線は、被検試料が旋光性を示さない場合で、θとIの関係は以下の(式1)に示される。

【0005】

【数1】

$$(式1)$$

※て、αが小さい被検試料を高精度に測定することは難しい。

【0010】そこで、消光点の位置の把握精度を向上するために、図14に示した構成を有するものが使用される。図14において、121~127は前例で示した物と全く同じである。141は偏光方向を振動させる光ファラデー変調器である。142は光ファラデー変調器141を駆動する信号発生器である。143は光センサー126の出力信号を光ファラデー変調器の振動変調信号を参照信号として位相敏感検波するロックインアンプである。本例の動作原理を図15を用いて以下に説明する。

【0011】図15において、横及び縦軸は図13と同じく、それぞれ、θとIで、消光点付近を拡大して示している。光ファラデー変調器141によって、偏光方向を振幅=δ、角周波数ωで振動変調する。この時のIは(式2)より、次の(式3)の様に示される。

【0012】

【数3】

$$(式3)$$

【0013】

$$[\text{数4}] \theta = \pi/2 + \beta \quad (式4)$$

ここで、

$$50 |\beta| \ll 1$$

この(式4)を(式3)に代入すると次の(式5)が導出される。

$$I = T \times I_0 \times (\sin(\beta - \alpha + \delta \times \sin(\omega \times t)))^2 \quad (\text{式5})$$

今、被検試料の旋光度、及び振動変調の振幅を小さい、即ち $|\alpha| \ll 1, \delta \ll 1$, とすると、(式5)は次の

(式6)の様に近似される。

$$\begin{aligned} I &\approx T \times I_0 \times (\beta - \alpha + \delta \times \sin(\omega \times t))^2 \\ &= T \times I_0 \times ((\beta - \alpha)^2 + 2 \times (\beta - \alpha) \times \delta \times \sin(\omega \times t) \\ &\quad + (\delta \times \sin(\omega \times t))^2) \\ &= T \times I_0 \times ((\beta - \alpha)^2 + 2 \times (\beta - \alpha) \times \delta \times \sin(\omega \times t) \\ &\quad + (\delta^2 / 2 \times (1 - \cos(2 \times \omega \times t)))) \end{aligned} \quad (\text{式6})$$

※

* 【0014】

* 【数5】

※ 【0015】

【数6】

☆感検波すると、角周波数成分すなわち次の(式7)に示すSを取り出すことができる。

【0016】

【数7】

(式7)

【0022】請求項2の本発明は、光を投射する単色光源と、前記投射された光のうち特定方向の偏光成分のみを透過する偏光子と、被検試料を前記偏光子を透過した光が透過するように保持するサンプルセルと、前記被検試料に磁場を印加する手段と、前記磁場を掃引する磁場掃引手段と、前記被検試料を透過した光のうち特定方向の偏光成分のみを透過する検光子と、前記検光子を透過した光を検知する光センサーと、前記磁場掃引手段の磁場掃引信号と前記光センサーの出力信号に基づいて前記被検試料の旋光度を算出する手段とを備えた旋光計である。

【0023】請求項3の本発明は、前記磁場を掃引する際に、前記磁場を離散的に変化させ少なくとも2点での前記光センサーの出力信号から、前記被検試料の旋光度を算出する請求項2に記載の旋光計である。

【0024】請求項4の本発明は、光を投射する単色光源と、前記投射された光のうち特定方向の偏光成分のみを透過する偏光子と、被検試料を前記偏光子を透過した光が透過するように保持するサンプルセルと、前記被検試料に磁場を印加する手段と、前記磁場を掃引する磁場掃引手段と、前記磁場を掃引する際に前記磁場を振動変調する磁場変調手段と、前記被検試料を透過した光のうち特定方向の偏光成分のみを透過する検光子と、前記検光子を透過した光を検知する光センサーと、前記光センサーの出力信号を前記磁場変調手段の振動変調信号を参照信号として位相敏感検波するロックインアンプと、前記磁場掃引手段の磁場掃引信号と前記ロックインアンプの出力信号に基づいて前記被検試料の旋光度を算出する手段とを備えた旋光計である。

【0025】請求項5の本発明は、光を投射する単色光源と、前記投射された光のうち特定方向の偏光成分のみを透過する偏光子と、被検試料を前記偏光子を透過した光が透過するように保持するサンプルセルと、前記被検

これより、光センサーの出力信号Iには、角周波数 ω (直流)、 ω 、 $2 \times \omega$ の各信号成分が存在することがわかる。これは、図15を見ても明かである。このIを振動変調信号を参照信号としてロックインアンプで位相敏☆

$$S = T \times I_0 \times 2 \times (\beta - \alpha) \times \delta$$

このSは、 $\beta = \alpha$ の時のみ、ゼロになりここが消光点である。検光子を回転させる即ち β を掃引して、Sがゼロになるとときの β が旋光度 α である。

【0017】以上の様に、偏光方向を変調することによって、この変調周波数成分の信号のみを光源強度、電源の揺らぎ、輻射等のノイズから分離して、選択的に取り出すことができ、S/Nの高い信号Sを得ることができる。このSから、正確に消光点を見いだすことができ、高精度に旋光度 α を測定できる。

【0018】他方、尿中のグルコース、蛋白質等の従来の検査方法としては、試験等を尿に浸し、これの呈色反応を分光測定機等によって観測する方法があった。ただし、この方法では、試験紙等の消耗品が必要であった。しかし、上記の高精度旋光計を用いて、尿の旋光度を測定すると、尿中の旋光性物質であるグルコース、蛋白質の様に低濃度で存在している物質の旋光度を検知でき、これからそれらの濃度を算出できる。これによって、消耗品無しで尿のグルコース、蛋白質濃度の検査が可能になる。

【0019】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら上記のような従来の方法においては、変調器や検光子の回転手段が必要になり、装置が複雑になる欠点があった。これによって、低価格化、高信頼性化に限界が生じた。

【0020】本発明は、このような従来の課題を考慮して、高信頼性、小型、低価格の旋光計及び尿検査装置を提供することを目的とする。

【0021】

【課題を解決するための手段】請求項1の本発明は、被検試料に偏光した光を透過させるとともに、その被検試料に磁場を印加し、その結果生じる光の偏光方向の変化に基づき、前記被検試料の旋光度を測定することを特徴とする旋光度測定方法である。

試料に磁場を印加する手段と、前記磁場を振動変調する磁場変調手段と、前記被検試料を透過した光のうち特定方向の偏光成分のみを透過する検光子と、前記検光子を回転する検光子回転手段と、前記検光子を透過した光を検知する光センサーと、前記光センサーの出力信号を前記磁場変調手段の振動変調信号を参照信号として位相敏感検波するロックインアンプと、前記検光子回転手段の回転信号と前記ロックインアンプの出力信号に基づいて前記被検試料の旋光度を算出する手段とを備えた旋光計である。

【0026】請求項6の本発明は、光を投射する単色光源と、前記投射された光のうち特定方向の偏光成分のみを透過する偏光子と、前記偏光子を透過した光の偏光方向を振動変調する偏光変調手段と、被検試料を前記偏光子を透過した光が透過するように保持するサンプルセルと、前記被検試料に磁場を印加する手段と、前記磁場を掃引する磁場掃引手段と、前記被検試料を透過した光のうち特定方向の偏光成分のみを透過する検光子と、前記検光子を透過した光を検知する光センサーと、前記光センサーの出力信号を前記偏光変調手段の振動変調信号を参照信号として位相敏感検波するロックインアンプと、前記磁場掃引手段の磁場掃引信号と前記ロックインアンプの出力信号に基づいて前記被検試料の旋光度を算出する手段とを備えた旋光計である。

【0027】請求項7の本発明は、前記磁場を掃引する際に、前記磁場を離散的に変化させ少なくとも2点での前記ロックインアンプの出力信号から、前記被検試料の旋光度を算出する請求項4又は6に記載の旋光計である。

【0028】請求項8の本発明は、前記検光子を回転する際に、前記検光子を離散的に回転させ少なくとも2点での前記ロックインアンプの出力信号から、前記被検試料の旋光度を算出する請求項5に記載の旋光計である。

【0029】請求項9の本発明は、光を投射する単色光源と、前記投射された光のうち特定方向の偏光成分のみを透過する偏光子と、被検試料を前記偏光子を透過した光が透過するように保持するサンプルセルと、前記被検試料に磁場を印加する手段と、前記磁場を振動変調する磁場変調手段と、前記被検試料を透過した光のうち特定方向の偏光成分のみを透過する検光子と、前記検光子を透過した光を検知する光センサーと、前記光センサーの出力信号を前記磁場変調手段の振動変調信号を参照信号として位相敏感検波するロックインアンプ1と、前記光センサーの出力信号を前記磁場変調手段の振動変調信号の2倍の周波数の信号を参照信号として位相敏感検波するロックインアンプ2と、前記ロックインアンプ1の出力信号を前記ロックインアンプ2の出力信号で規格化することによって前記被検試料の旋光度を算出する手段とを備えた旋光計である。

【0030】請求項10の本発明は、尿に偏光した光を

透過させるとともに、その被検試料に磁場を印加し、その結果生じる光の偏光方向の変化に基づき、前記被検試料の旋光度を測定することによって、前記尿の検査を行なうことを特徴とする尿検査方法である。

【0031】請求項11の本発明は、光を投射する単色光源と、前記投射された光のうち特定方向の偏光成分のみを透過する偏光子と、尿を前記偏光子を透過した光が透過するように保持するサンプルセルと、前記尿に磁場を印加する手段と、前記磁場を掃引する磁場掃引手段

10 と、前記磁場を掃引する際に前記磁場を振動変調する磁場変調手段と、前記尿を透過した光のうち特定方向の偏光成分のみを透過する検光子と、前記検光子を透過した光を検知する光センサーと、前記光センサーの出力信号を前記磁場変調手段の振動変調信号を参照信号として位相敏感検波するロックインアンプと、前記磁場掃引手段の磁場掃引信号と前記ロックインアンプの出力信号に基づいて前記尿の旋光度を算出しこれを旋光性物質の濃度に換算する手段とを備えた尿検査装置である。

【0032】請求項12の本発明は、前記磁場を掃引する際に、前記磁場を離散的に変化させ少なくとも2点での前記ロックインアンプの出力信号から、前記尿の旋光度を算出する請求項11に記載の尿検査装置である。

【0033】請求項13の本発明は、旋光度を測定する際に、被検試料と、旋光度が既知の参照試料を測定し、参照試料の測定値で、被検試料の測定値を補正することによって被検試料の旋光度を決定する請求項2～9のいずれかに記載の旋光計である。

【0034】請求項14の本発明は、尿を検査する際に、尿と、旋光度が既知の参照試料を測定し、参照試料の測定値で、尿の測定値を補正することによって尿の旋光度を決定して尿を検査する請求項11又は12に記載の尿検査装置である。

【0035】

【発明の実施の形態】本発明は、以下に述べる原理を利用している。

【0036】媒質中に光を伝搬させ、その伝搬方向に磁場を印加すると、光の偏光方向が伝搬に従って回転する。この現象を光ファラデー効果と呼んでいる。この光ファラデー効果は、次の(式8)で表される。

【0037】

$$[数8] a = V \times H \times L \quad (式8)$$

ここで、

a : 偏光方向の回転角度 [分]

V : 媒質のベルデの定数 [分/A]

H : 磁場 [A/m]

L : 伝搬距離 [m]

この(式8)のVは、媒質、光の波長、温度によって異なる。各種の媒質のVの1例を(表1)に示す。

【0038】

【表1】

温度=20°C	V ($\times 10^{-3}$) [分/A]	波長=589 nm
水	1.645	
クロロホルム	.2.06	
アセトン	1.42	
水	2.091	
フリントガラス	4.85	

【0039】この光ファラデー効果を利用したものに、従来の技術で用いられている光ファラデー変調器がある。これは、極状のフリントガラスにソレノイドコイルを巻きこれに電流を流すことによって磁場を印加して、磁場方向に伝搬する光の偏光方向を変調するものである。ソレノイドコイルに流す電流を制御することによって、自由に変調することができる。

【0040】この様に、光ファラデー効果によって、媒質に磁場を印加すると、偏光方向を変調することができる。これは、(表1)からもわかるように、浴媒として、広く使用される水、クロロホルム、アセトン等においても同じである。従って、被検試料が溶解している溶液に磁場を印加すると、この溶液自身が光ファラデー効果によって、溶液中を伝搬する光の偏光方向を回転させる。すなわち、被検試料を保持しているサンプルセルごとに磁場を印加すれば、このサンプルセル及び磁場印加手段が光ファラデー変調器として機能する。ここでの、磁場印加手段としては、光の伝搬方向に磁場を印加するソレノイドコイル、磁石等がある。この磁場を変調するには、ソレノイドコイルに流す電流を変調するか、磁石と被検試料までの距離を変調することで、可能になる。

【0041】上記の様に、サンプルセルに磁場を印加して、この磁場を振動変調することによって、偏光方向を振動変調することができ、従来の技術と同様に旋光度を測定することができる。

【0042】また、磁場を掃引、すなわち磁場を特定の強度から特定の強度まで変化(磁場の極性の変化も含む)させると、偏光方向を回転させることができる。これによって、検光子を回転させた場合と同じ効果を得ることが可能になる。即ち、従来の技術においては、検光子を回転した時の消光点のずれを、検光子の角度で直読していたが、本実施の形態においては、磁場を掃引した時の消光点のずれを、例えば電流で読み取りこれを磁場へさらに角度へ換算することによって、被検試料の旋光度を測定することができる。これは、実質的には、被検試料の旋光性物質によって生じた旋光度と、印加磁場による光ファラデー効果による偏光方向の回転角が一致する磁場を検知していることになる。

【0043】この磁場の掃引は、必ずしも強度を連続的に変化させることのみならず、離散的に変化させること

も含んでいる。偏光方向の回転に伴う、光センサーの出力信号の変化特性が既知なため、少なくとも2点で測定し、これらの測定値から、内挿又は外挿し旋光度を算出することが可能で、これは、特に測定時間の短縮に有効である。

【0044】次に、長期反復的な使用によりサンプルセルの光の透過面が汚染された場合について説明する。この時、この汚染が旋光性を示さない物質によってなされていれば、実質的に(式1)におけるTが減少したこと20に相当し、消光点の位置が不明確になり、測定精度が悪化する。この場合(式2)のIの変化割合(α に対する) β や、(式7)のSの傾き(β に対する)が減少する。従って、Tが既知の参照試料を測定し、これらの減少量から、汚染量を検知することが可能である。この汚染量が特定の値を越えた時に、サンプルセルの洗浄又は交換を指示することができる。なお、この時は、必ずしも参照試料を設ける必要はなく、Tの最小値が既知の被検試料の測定結果から汚染量を検知しても良い。

【0045】一方、この汚染が旋光性物質によってなされていれば、(式2)のI、(式7)のSは、それぞれ α 、 β 方向に平行移動する。これにより、消光点の位置、即ち測定された旋光度もこの移動分だけずれる。この移動分は、汚染物質による旋光度で、被検試料による旋光度に単純に加算される。従って、あらかじめ旋光度が既知の参照試料を測定し、この測定値と既知の旋光度の差を算出し、この差で被検試料の測定値を補正する。これによって、汚染物質によって生じた誤差を補償することができる。

【0046】この様に、旋光度が既知の参照試料を測定することによって、サンプルセルの汚染による誤差を補償することができる。従って、長期反復使用におけるサンプルセルの洗浄又は交換時期を、透過面の透過率が低下して特定値に到達するまで大幅に延長することができ、維持管理が容易になる。特に、家庭用尿検査装置として使用する場合、この維持管理の容易性が普及を大きく促進する。

【0047】以上の様に、サンプルセルに磁場を印加することで、これを光ファラデー変調器として機能させることにより、簡単な構成で、小型、低価格かつ高精度の50旋光計を実現することができる。

【0048】又、サンプルセル中に尿を入れ、これに磁場を印加することで、尿の旋光度を測定することができ、尿中のグルコース、蛋白質等の濃度を検査する尿検査装置を実現することができる。これは、消耗品が不要で、維持管理が容易で、高信頼性、小型、低価格等の特徴から実用性が極めて高い。

【0049】(実施の形態1) 第1の実施の形態について、図1及び図2を用いて以下に詳細に説明する。

【0050】図1において、1は180Wの低圧ナトリウムランプ、バンドパスフィルター、レンズ、スリット等によって構成された略平行光を投射する光源で、波長589nmのナトリウムのD線を投射する。2は偏光子で、紙面に平行な偏光成分の光のみを透過する。3は被検試料を保持する円筒形のガラス製のサンプルセルで、実質光路長は300mmである。4はサンプルセル3の周囲に巻かれたソレノイドコイルで、サンプルセル3とこれに保持された被検試料に磁場を印加する。この磁場は、光の伝搬方向に実質的に均質に印加され、ソレノイドコイル3に流す電流に比例する。具体的には、ソレノイドコイル3に電流1Aを流すと、磁場H=5×10³A/mを印加する。5は電流源で、ソレノイドコイル4に±5Aまでの電流を流すことができる。6は検光子で、紙面に垂直な偏光成分の光のみを透過するように配置する。7は検光子6を透過した光を検知する光センサーで、8は電流源5に指令信号を発しあつ光センサー7の出力信号を記録解析するコンピュータである。

【0051】この本実施の形態の作用を以下に説明す*

$$\alpha = [\alpha] / 10000 \times L \times C \quad (\text{式9})$$

ここで、

L：伝搬距離=サンプルセルの光路長=0.3[m]

C：水溶液濃度=500[mg/dl]

(式9)より、 $\alpha \approx 1^\circ$ になる。

【0056】次に、光ファラデー効果による偏光方向の回転角度を(式8)から算出すると、以下のようになる。

*

$$a = 1.645 \times 10^{-2} \times 1.2 \times 10^4 \times 0.3 \quad (\text{式10})$$

以上から、被検試料の旋光度と光ファラデー効果による回転角度が一致することを確認した。

【0059】更に、本実施の形態を用いて、温度=20°C、濃度=250, 750, 1000mg/dlのショ糖水溶液の旋光度を測定し、この結果を図3に示す。図3において、横軸は濃度、縦軸は消光点になる電流Jである。この図3から線形性も実証した。

【0060】従来の技術においては、検光子を回転した時の消光点のずれを、検光子の角度を直読することにより、被検試料の旋光度を測定していた。一方、本実施の形態においては、磁場を掃引した時即ち電流を掃引した時の消光点のずれを、走査で読み取りこれを上記の様に磁場へさらに角度へ換算することによって、被検試料の

*ろ。コンピュータ8が電流源5に指令信号を発し、ソレノイドコイル4に流す電流を-5~5Aまで掃引する。この時の光センサー7の出力信号を示したのが図2である。図2において、横軸は、ソレノイドコイル4に流す電流J、縦軸は光センサー7の出力信号(任意値)を示している。

【0052】実線は、被検試料として旋光性を示さない純水を測定した場合である。偏光子2と検光子6の相対角度がπ/2のため、Jがゼロの時が消光点である。これは、被検試料である純水に磁場が印加されず光ファラデー効果による偏光方向の回転が起こらない状態である。Jを変化させると、従来例において、検光子を回転させた時と同様に光センサー7の出力信号が(式1)に従って変化する。ただし、本実施の形態においては、Jが(式4)のβに相当する。

【0053】一方、図2の点線は、被検試料として、温度=20°C、濃度=500mg/dlのショ糖水溶液を測定した場合である。J=2.4Aの時が消光点である。即ち、実線を+2.4A幅平行移動した曲線になっている。この消光点のずれ幅が被検試料の旋光度に相当する。このことを次に定量的に確認する。

【0054】ショ糖の比旋光度[α]は589nmの光に対して、20°Cの水溶液において、[α]=66.5°である。従って、これによる旋光度=α°は(式9)に表される。

【0055】

【数9】

※【0057】ソレノイドコイル4の特性からJ=2.4Aの時、磁場H=1.2×10⁴A/mとなる。これと、(表1)に示した水のベルデの定数Vから(式8)により、(式10)のようになる。

【0058】

【数10】

*

$$a = 1.645 \times 10^{-2} \times 1.2 \times 10^4 \times 0.3 \quad (\text{式10})$$

旋光度を測定する。なお、この磁場の掃引は、必ずしも強度を連続的に変化させる必要はなく、離散的に変化させても良い。偏光方向の回転に伴う、光センサーの出力信号の変化特性が(式2)様に既知なため、少なくとも2点で測定し、これらの測定値から、内挿又は外挿し旋光度を算出することができ、特に測定時間の短縮に有効である。

【0061】以上のように本実施の形態によれば、被検試料に磁場を印加し、その磁場を掃引することにより、検光子の回転手段が不要になり、高信頼性、小型、低価格の旋光計を実現でき、その実用的効果は極めて大きい。

【0062】(実施の形態2) 本発明の第2の実施の形

態を、図4を用いて説明する。

【0063】図4において、1, 2, 5, 6, 7, 8は第1の実施の形態で使用したものと同じ物である。3'は、基本構造は第1の実施の形態のサンプルセル3と同じであるが、実質光路長が50mmである。4'も、基本構造は第1の実施例のソレノイドコイル4と同じで、電流1Aを流すと、磁場 $H = 5 \times 10^3 \text{ A/m}$ を印加する。9は信号発生器で、振動変調信号を電流源5に供給する。電流源5はこの振動変調信号を振動変調電流信号に変換してコンピュータ8から指令された掃引電流に重畠し、これをソレノイドコイル3に供給する。本実施の形態では、1. 3KHzの変調信号を振幅=0. 02Aの振動変調電流信号に変換して、ソレノイドコイル3に供給している。10はロックインアンプで、信号発生器9の振動変調信号を参照信号として、光センサー7の出力信号を位相敏感検波する。このロックインアンプ10の出力信号は(式6)の光センサー7の出力信号の角周波数の成分に相当する、即ち、(式7)に示したSである。従って、このSがゼロになる時が消光点である。

【0064】次に図5を用いて本形態例の動作を説明する。コンピュータ8が電流源5に指令信号を発し、ソレノイドコイル4に流す電流を-1. 5~1. 5Aまで掃引する。この時のロックインアンプ10の出力信号を示したのが図5である。図5において、横軸は、ソレノイドコイル4に流す電流J、縦軸はロックインアンプ10の出力信号(任意値)を示している。

【0065】実線は、被検試料として旋光性を示さない純水を測定した場合で、Jがゼロの時が消光点である。これは、被検試料である純水に磁場が印加されず光ファラデー効果による偏光方向の回転が起こらない状態である。Jを変化させると、(式4)における、すなわち検光子を回転させた時と同様にロックインアンプ10の出力信号Sが変化する。

【0066】一方、図5の点線は、被検試料として、温度=20°C、濃度=250mg/dlのショ糖水溶液を測定した場合である。J=1. 21Aの時が消光点である。即ち、実線を+1. 21A幅平行移動した直線になっている。この消光点のずれ幅が被検試料の旋光度に相当する。これも、第1の実施の形態同様に定量的に確認する。

【0067】ショ糖による旋光度 α は(式9)より、

$$\alpha = [\alpha] / 10000 \times 0. 05 \times 250$$

$\approx 0. 0831'$ である。

【0068】次に、光ファラデー効果による偏光方向の回転角度 a を(式8)から算出すると、以下のようになる。

【0069】ソレノイドコイル4'の特性からJ=1. 21Aの時、磁場 $H = 6. 05 \times 10^3 \text{ A/m}$ となる。

これと、(表1)に示した水のベルデの定数Vから

$$s = 1. 645 \times 10^{-2} \times 6. 05 \times 10^3 \times 0. 05$$

$\approx 4. 976$ [分] $\approx 0. 083'$

以上から、被検試料の旋光度と光ファラデー効果による回転角度が一致することを確認した。

【0070】更に、本実施の形態を用いて、温度=20°C、濃度=50, 100, 150, 250mg/dlのショ糖水溶液の旋光度を測定し、この結果を図6に示す。図3において、横軸は濃度、縦軸は消光点になる電流Jである。この図6から線形性も実証した。

【0071】従来の技術においては、検光子を回転し、ロックインアンプ出力信号すなわちSがゼロになるときの検光子の角度を直読することにより、被検試料の旋光度を測定していた。一方、本実施例においては、磁場を掃引し即ち電流を掃引し、ロックインアンプ10の出力信号Sがゼロになる走査値を読み取り、これを上記の様に磁場へさらに角度へ換算することによって、被検試料の旋光度を測定する。

【0072】なお、本実施の形態では、磁場の掃引範囲に消光点が存在したが、図5及び(式7)のように、磁場即ち電流Jに対してロックインアンプ10の出力信号Sが直線的に変化するため、掃引範囲内に消光点が存在しない場合でも、外挿することによって旋光度を算出できることは明かである。又、このJとSの関係が直線であることから、必ずしも連続的に掃引する必要はなく、少なくとも2点での測定結果から、内挿又は外挿することによって、旋光度を算出できる。これによって測定時間の短縮も可能になる。

【0073】次に、本実施の形態において未洗浄で長期放置され透過面が汚染されたサンプルセルを使用して、純水を被検試料として測定した。この場合、J=0. 02Aの時に消光点を示した。これから、サンプルセルの透過面の汚染物質による旋光度dは(式8)、(表1)から

$$d = 1. 645 \times 10^{-2} \times 10^3 \times 0. 05$$

$$\approx 0. 082$$
 [分] $\approx 1. 4 \times 10^{-3}$

となる。このサンプルセルで測定する時は、測定値からdを差し引くことによって補正できる。上記の様に、長期反復使用する場合でも、旋光度が既知な参照試料も測定して、この測定値で、被検試料の測定値を補正することにより高精度の測定が可能となる。この操作によつて、サンプルセルの洗浄又は交換時期は、透過面の透過率が低下し特定値に至るまで延長することができる。

【0074】以上のように本形態例によれば、被検試料に磁場を印加し、その磁場を振動変調しながら掃引することにより、検光子の回転手段が不要になり、高精度、高信頼性、小型、低価格、かつ維持管理が容易な旋光計が実現でき、その実用的効果は極めて大きい。

【0075】また、本形態例は第1の実施の形態よりも、高精度に測定できるので、濃度の小さい溶液の旋光度の測定も可能である。また、より光路長の小さい液検試料の測定も可能になるので、装置の小型化にも寄与す

る。

【0076】(実施の形態5) 本発明の第3の実施の形態を、図7を用いて説明する。

【0077】図7において、1~10は第2の実施例で使用したものと同じ物である。11は検光子ローテーターで、コンピュータ8の指令に基づいて検光子6を回転する。

【0078】本実施の形態例においては、電流源5は信号発生器9の1.3KHzの変調信号を振幅=0.02Aの振動変調電流信号に変換して、ソレノイドコイル3に供給しているが、電流は掃引しない。

【0079】本実施の形態においてもロックインアンプ10の出力信号は(式6)の光センサー7の出力信号の角周波数の成分に相当する、即ち、(式7)に示したSである。従って、このSがゼロになる時が消光点である。

【0080】本実施の形態の動作は、以下の通りである。コンピュータ8が検光子ローテーター11に指令信号を発し、検光子6を回転させる。この検光子6の角度を横軸に、ロックインアンプ10の出力信号Sを縦軸にとると、図5と同じ様な直線が得られる。この時のロックインアンプ10の出力信号Sがゼロになる検光子6の角度を見いだす。この角度が被検試料の旋光度に相当する。

【0081】本実施の形態を用いて、第2の実施の形態同様、温度=20°C、濃度=50, 100, 150, 250mg/dlのショ糖水溶液の旋光度を測定し、図6と同様の結果を得た。

【0082】従来の技術においては、光ファラデー変調器によって偏光方向を振動変調しながら検光子を回転し、ロックインアンプ10の出力信号Sがゼロになるときの検光子の角度を直読することにより、被検試料の旋光度を測定していた。一方、本実施の形態例においては、被検試料に磁場を印加し、この磁場を振動変調して、ロックインアンプ10の出力信号Sがゼロになる検光子の角度を直読することによって、被検試料の旋光度を測定する。又、この検光子の角度とSの関係が直線であることから、必ずしも連続的に掃引する必要はなく、少なくとも2点での測定結果から、内挿又は外挿することによって、旋光度を算出できることは、実施の形態2と同様である。

【0083】以上のように本実施の形態によれば、被検試料に磁場を印加し、その磁場を振動変調することにより、光ファラデー変調器が不要になり、高精度、高信頼性、小型、低価格、かつ維持管理が容易な旋光計が実現でき、その実用的効果は極めて大きい。

【0084】なお、本実施の形態例も第2の実施の形態同様、第1の実施の形態よりも、高精度に測定できるので、濃度の小さい溶液の旋光度の測定も可能である。また、より光路長の小さい被検試料の測定も可能になるので、装置の小型化にも寄与する。

で、装置の小型化にも寄与する。

【0085】(実施の形態4) 本発明の第4の実施の形態を、図8を用いて説明する。

【0086】図8において、1~10は第2の実施の形態で使用したものと同じ物である。12は光ファラデー変調器で信号発生器9の1.3KHzの振動変調信号に基づいて、偏光方向を振幅 1.4×10^{-2} °で振動変調する。電流源5はコンピュータ8の指令に基づいて、ソレノイドコイル3に供給する電流を掃引する。ロックインアンプ10は、信号発生器9の振動変調信号を参照信号として、光センサー7の出力信号を位相敏感検波する。このロックインアンプ10の出力信号は(式6)の光センサー7の出力信号の角周波数の成分に相当する、即ち、(式7)に示したSである。従って、このSがゼロになる時が消光点である。

【0087】次に本実施の形態例の動作を説明する。コンピュータ8が電流源5に指令信号を発し、ソレノイドコイル4に流す電流を-1.5~1.5Aまで掃引する。この時、横軸にソレノイドコイル4に流す電流J、縦軸にロックインアンプ10の出力信号(任意値)を示すと、図5と全く同じ直線が得られた。従って、第2の実施の形態と同様に、被検試料の旋光度と光ファラデー効果による回転角度が一致することが確認できた。

【0088】更に、本実施の形態例を用いて、温度=20°C、濃度=50, 100, 150, 250mg/dlのショ糖水溶液の旋光度を測定し、図6と同様の結果を得た。これから線形性も実証した。

【0089】なお、本実施の形態でも、磁場即ち電流Jに対してロックインアンプ10の出力信号Sが直線的に変化するため、必ずしも連続的に掃引する必要はなく、少なくとも2点での測定結果から、内挿又は外挿することによって、旋光度を算出できるのは、第2の実施の形態と同様である。これによって測定時間の短縮も可能になる。

【0090】以上のように本実施の形態によれば、光ファラデー変調器によって偏光方向を微小振幅で振動変調し、被検試料に磁場を印加し、その磁場を掃引することにより、検光子の回転手段が不要になり、高精度、高信頼性、小型、低価格、かつ維持管理が容易な旋光計が実現でき、その実用的効果は極めて大きい。

【0091】また、本実施の形態例は第2の実施の形態同様、第1の実施の形態よりも、高精度に測定できるので、濃度の小さい溶液の旋光度の測定も可能である。また、より光路長の小さい被検試料の測定も可能になるので、装置の小型化にも寄与する。

【0092】なお、本実施の形態では偏光方向の変調を光ファラデー変調器を用いて行ったが、偏光子2をビニン系子によって、微小振動回転させても同様の効果が得られることは言うまでもない。

【0093】(実施の形態5) 本発明の第5の実施の形

17

態を、図9を用いて説明する。

【0094】図9において、2～10は第2の実施の形態で使用したものと同じ物である。13は半導体レーザ光源で、波長=830nm、強度=10mWの略平行光を投射している。電流源5は信号発生器9の1.3kHzの変調信号を振幅=0.02Aの振動変調電流信号に変換して、ソレノイドコイル4'に供給しているが、電流は掃引しない。14はロックインアンプでいわゆる2Fモードで動作しており、信号発生器9の変調信号の2倍の周波数の信号を参照信号として、光センサー7の出力信号を位相敏感検波している。即ち、(式6)における $2 \times \omega$ 成分を取り出している。コンピュータ8によつて、ロックインアンプ10の出力信号をロックインアンプ14の出力信号で規格することによって、被検試料の旋光度を算出している。この原理を以下に述べる。

【0095】ロックインアンプ10の出力信号は(式7)に示されたSに相当する。このSは、本実施の形態例の様に β を固定した場合、T, I_o, δ が一定の場合、 α のみ関数であるので、Sから旋光度 α を一意的に算出できる。ただし、現実的には、被検試料の透過率の違い、サンプルセルの透過窓の汚れ等によりTは変化する。又、同時に光源強度のゆらぎからI_oも変化することから、このSのみからは、高精度の旋光度測定是不可能である。

【0096】そこで、ロックインアンプ14の出力信号を利用する。ロックインアンプ14の出力信号をS'とするときの(式11)のようになる。

【0097】

【数11】

$$S' = T \times I_o \times \delta^2 / 2 \quad (\text{式11})$$

この(式11)で(式7)を除する即ち規格化すると、次に(式12)に示すXが得られる。

【0098】

【数12】

$$X = 4 / \delta \times (\beta - \alpha) \quad (\text{式12})$$

このXはT及びI_oを含まないため、これから高精度に旋光度 α を決定することができる。

【0099】次に、本実施の形態例を用いて、温度=20°C、濃度=25, 50, 75, 100mg/dlのグルコース水溶液の旋光度を測定した。この手順を以下に述べる。

【0100】まず、純水を被検試料として測定し、検光子6の角度を微調してXをゼロにする。この時、純水の旋光度 $\alpha=0$ であるので、 $\beta=0$ に調整したことになる。この状態で、上記の被検試料を測定し、横軸に濃度を、縦軸にXの絶対値を表すと図10になる。ゼロを通る α に比例した直線になる。これから、本実施の形態例によって、旋光度が測定できることが実証できた。なお、あらかじめ、 $\beta=0$ に調整したが、これは測定の際に、被検試料の旋光度の大小、正負を直感的に把握する

10

18

ためだけに行った操作で、必ずしもこの必要はない。

【0101】以上のように本実施の形態によれば、被検試料に磁場を印加し、その磁場を振動変調し、光センサー7の出力信号の振動変調周波数成分を、その振動変調周波数の2倍に周波数成分で規格化することにより、高精度、高信頼性、小型、低価格の旋光計を実現でき、その実用的効果は極めて大きい。

【0102】また、本実施の形態は、第2の実施の形態と違い、電流源5によるソレノイドコイル4'に供給する電流を掃引する必要ない。従つて、ソレノイドコイル4'に適当な抵抗を直列に接続し、これを直接商用交流100V電源に接続することによって、電流を電源周波数で変調できる。これで、電流源5が実現できる。ロックインアンプが2つ必要になるが、電流源5を大幅に簡素化することが可能なため、電流源5とロックインアンプのコストによっては、第2の実施の形態よりも低価格で提供できる場合もある。

【0103】なお、本発明では、消光点の位置を基準に、旋光度を測定したが、(式2)の関係を満たしていないことから、最明点等ある特定の1点を基準にしても良い。この際、光センサー、ロックインアンプの直線性、安定性などを考慮して、最適点を設定する。

【0104】(実施の形態6) 第6の実施の形態について、図11を用いて以下に詳細に説明する。

【0105】本実施の形態においては、第2の実施の形態で説明した旋光計で尿を被検試料として測定し、以下の様にグルコース濃度即ち尿糖を検査した。なお、本実施の形態では、サンプルセルとして実質光路長L=10.0mmのものを使用した。

【0106】まず、本旋光計のグルコースに対する特性の確認のために、検量線の作成を行う。20°Cの純水と、この純水を溶媒とし濃度が20, 100, 200, 300, 500mg/dlのグルコース水溶液を調合し、これらを被検試料として旋光度を測定した。この結果を図11の白丸に示す、ここで、横軸はグルコース濃度、縦軸はソレノイドコイル4'に流す電流から換算された旋光度を表す。この結果は、グルコースの589nmの光に対する20°Cの水溶液における比旋光度 $[\alpha]=50^\circ$ から、(式9)を用いて計算された結果と一致する。

【0107】次に、あらかじめ尿分析装置によって、グルコース濃度が50mg/dl以下、尿中蛋白質であるアルブミンの濃度が10mg/dl以下と判定された尿の旋光度を測定した。更に、この尿を溶媒とし、濃度が20, 100, 200, 300, 500mg/dlのグルコース溶液を調合した、即ち人工的に糖尿を作成し、これらの旋光度を測定した。この結果を図11の黒丸に示す。この人工的糖尿の旋光度(黒丸)は、検量線から 1.5×10^{-2} ・平行移動した直線で表されることから、正確にそのグルコース濃度を反映していることにな

50

る。

【0108】この尿の旋光度は 1.5×10^{-2} °であった。これは尿中に存在するグルコースとアルブミンによる旋光度が単純に加算されたものである。アルブミンの589nmの光に対する20°Cの水溶液における比旋光度 $[\alpha]$ は-60°で、これと(式9)から、この尿のアルブミンによる旋光度 A_r の範囲は以下の様に計算される。

$$[0109] -60 / 10000 \times 0.1 \times 10 = -6 \times 10^{-2} \leq A_r \leq 0$$

これから、グルコースによる旋光度 G_u の範囲は以下の様に計算される。

【0110】

$$1.5 \times 10^{-2} \leq G_u \leq 2.1 \times 10^{-2}$$

この G_u から(式9)によりグルコース濃度 C_g の範囲は次の様に計算される。

$$[0111] 30 \leq C_g \leq 42 \text{ mg/dl}$$

これは、あらかじめ分析した結果と一致する。

【0112】更に、尿分析装置によって、グルコース濃度が300mg/dl以上、アルブミン濃度が10mg/dl以下と判定された尿の旋光度を測定した。この結果、この尿の旋光度は 2.2×10^{-2} °を示し、上記と同様にグルコース濃度 C_g は次の範囲にあると判定できた。

$$[0113] 440 \leq C_g \leq 452 \text{ mg/dl}$$

これも、あらかじめ分析した結果と一致する。

【0114】ここで、例えばアルブミン濃度が正常値、即ちおよそ10mg/dl以下である尿を検査する場合、尿糖値の異常を300mg/dl以上に設定した時、旋光度が 1.5×10^{-2} °以上の時を、異常と判定すれば、12mg/dl程度の誤差しか生じないことになる。

【0115】本実施の形態においても、第2の実施の形態同様、磁場を必ずしも連続的に掃引する必要はなく、少なくとも2点での測定結果から、内挿又は外挿することによって、尿の旋光度を算出できる。これによって測定時間の短縮も可能になる。また、日常的に尿検査を実施し、サンプルセルが汚染された場合でも、旋光度が既知な参照試料も測定して、この測定値で、被検試料の測定値を補正することにより高精度の測定が可能となる。この操作によって、サンプルセルの洗浄又は交換時期は、透過面の透過率が低下し特定値に至るまで延長することができる。特に、家庭用尿検査装置として使用する場合、その維持管理の容易性による普及促進効果は極めて大きい。

【0116】以上のように本実施の形態によれば、試験紙等の消耗品を使用することなく、アルブミン濃度が正常値の尿のグルコース濃度を検査することができ、その実用的効果は極めて大きい。

【0117】なお、本実施の形態においては、アルブミン濃度がグルコース濃度に比べて小さい尿のグルコース濃度を検査する場合について述べたが、グルコース濃度がアルブミン濃度に比べて小さい尿のアルブミン濃度を検査することも上記の方法で可能である。

【0118】【発明の効果】以上説明した様に、本発明によれば、高信頼性、小型、低価格の旋光計及び、消耗品が不要なメンテナンスフリーで、かつ高信頼性、小型、低価格の尿検査装置を実現でき、その実用的効果は極めて大きい。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態の構成図

【図2】本発明の第1の実施の形態における説明図

【図3】本発明の第1の実施の形態における説明図

【図4】本発明の第2の実施の形態の構成図

【図5】本発明の第2の実施の形態における説明図

【図6】本発明の第2の実施の形態における説明図

【図7】本発明の第3の実施の形態の構成図

【図8】本発明の第4の実施の形態の構成図

【図9】本発明の第5の実施の形態における構成図

【図10】本発明の第5の実施の形態における実験結果を示すグラフ

【図11】本発明の第6の実施の形態における説明図

【図12】従来の旋光計を示す図

【図13】従来の旋光計の原理を説明する図

【図14】従来の旋光計を示す図

【図15】従来の旋光計の原理を説明する図

【符号の説明】

1 光源

2 偏光子

3, 3' サンプルセル

4, 4' ソレノイドコイル

5 電流源

6 検光子

7 光センサー

8 コンピュータ

9 信号発生器

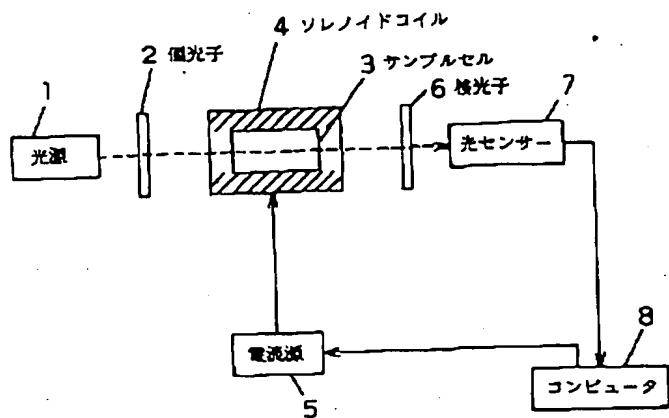
10 ロックインアンプ

11 検光子ローテーター

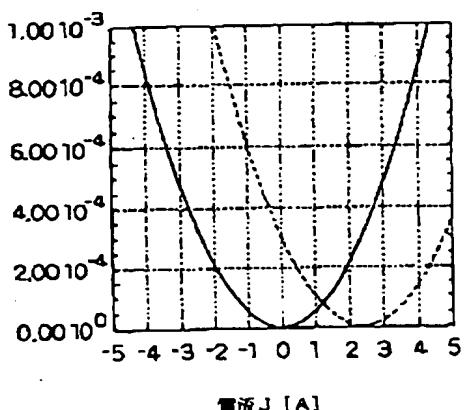
12 光ファラデー変調器

13 半導体レーザ

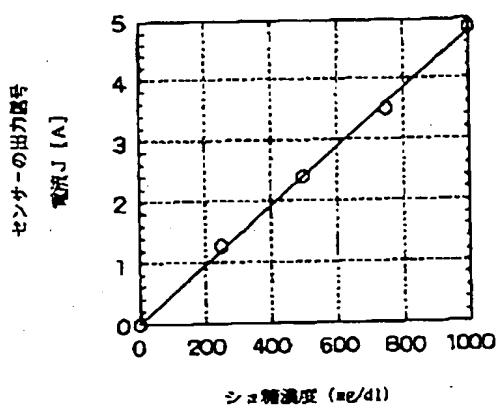
【図1】



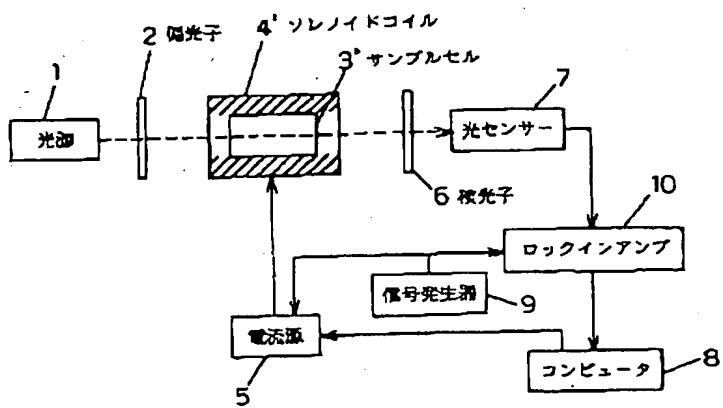
【図2】



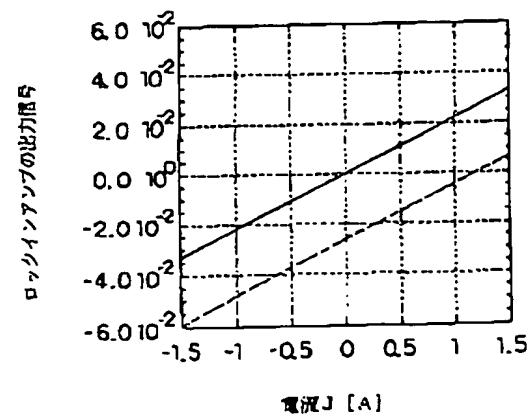
【図3】



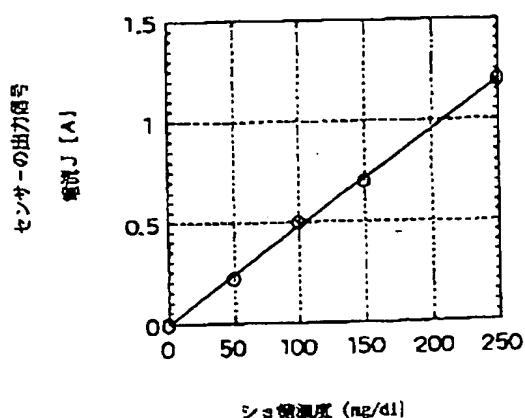
【図4】



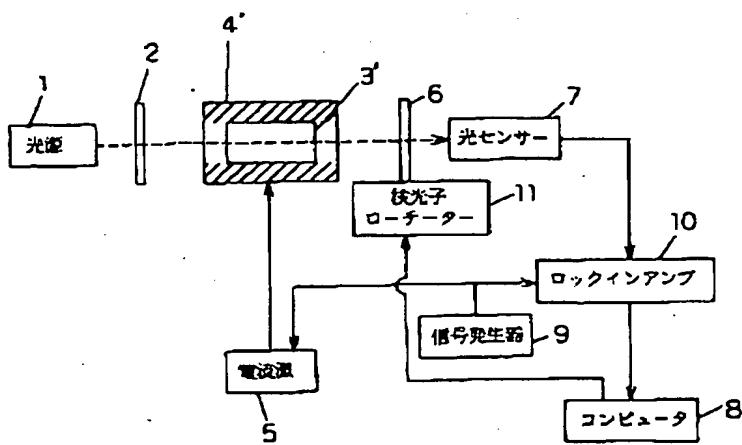
【図5】



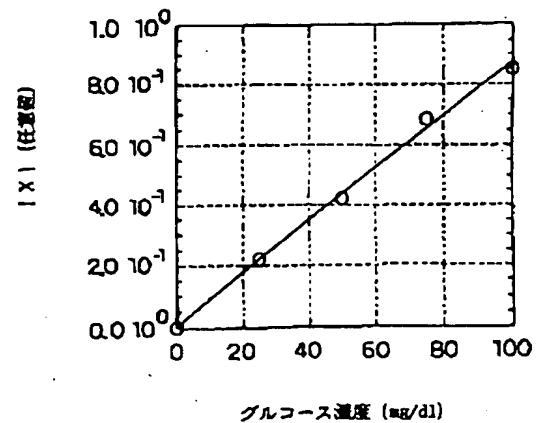
【図6】



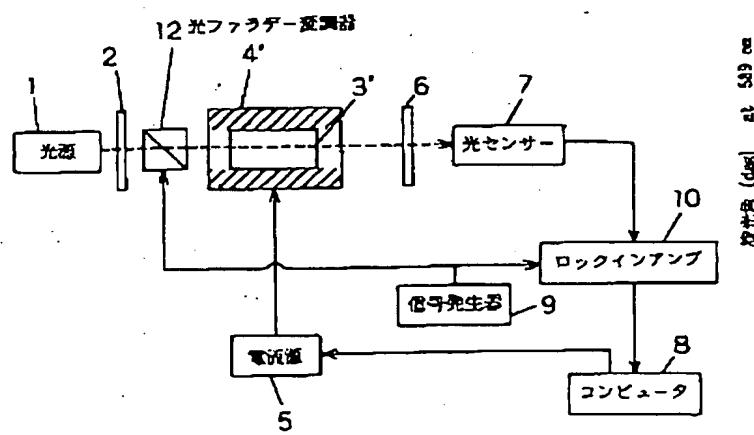
【図7】



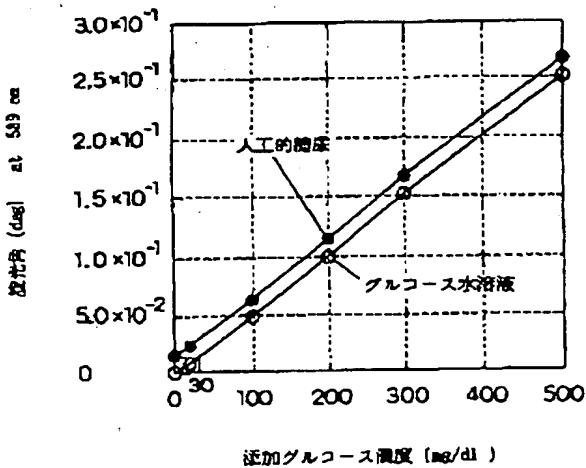
【図10】



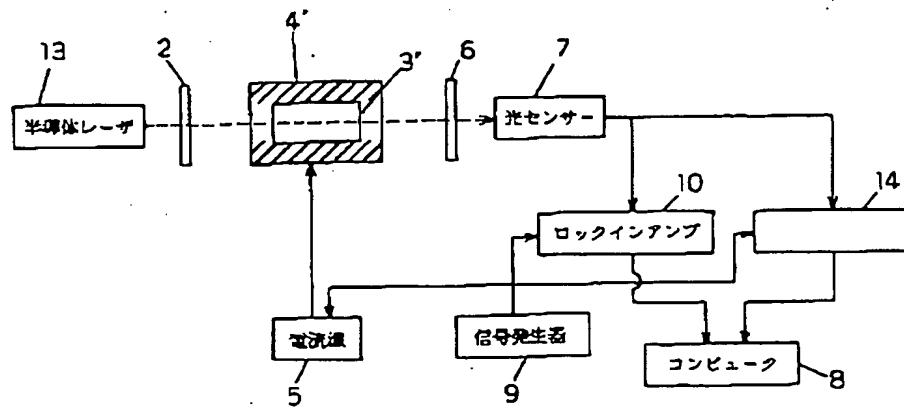
【図8】



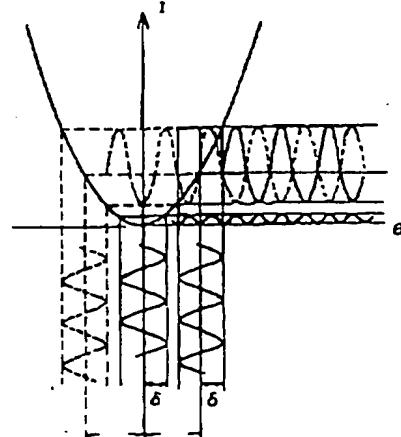
【図11】



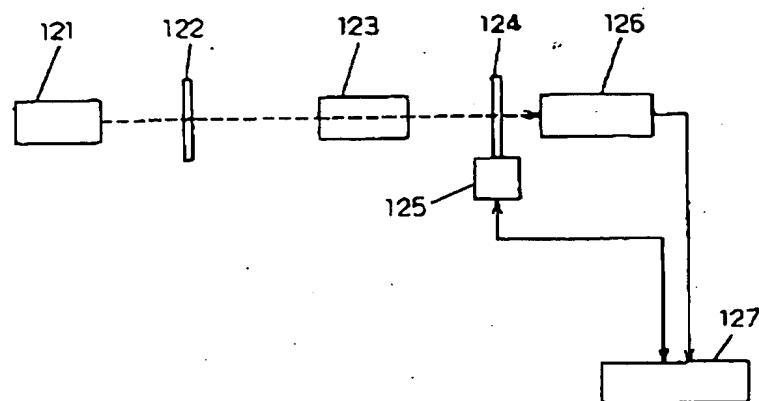
【図9】



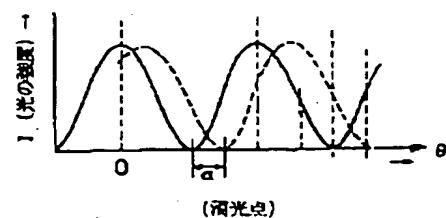
【図15】



【図12】



【図13】



【図14】

